NA DOCHÓD WARSZAWSKIEJ KASY WZAJEMNEJ POMOCY I PRZEZORNOŚCI DLA OSÓB PRACUJĄCYCH NA POLU TECHNICZNEM

KRÓTKIE WSKAZÓWKI

z

ELEKTROTECHNIKI

DLA

TECHNIKÓW

UŁOŻYŁ

Mieczysław Pożaryski

Asystent przy kat. elektr. w Politechn. Warsz.

NA DOCHÓD
WARSZAWSKIEJ KASY WZAJEMNEJ POMOCY I PRZEZORNOŚCI
DLA OSÓB PRACUJĄCYCH NA POLU TECHNICZNEM.

KRÓTKIE WSKAZÓWKI
z
ELEKTROTECHNIKI
DLA
TECHNIKÓW

UŁOŻYŁ

Mieczysław Pożaryski

Asystent przy katedrze elektr. w Politechn. Warsz.

WARSZAWA.
Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Nowy-Świat 34.
1903.

Дозволено Цензурою.
Варшава, 4 Марта 1903 года.

PRZEDMOWA.

Ułożyłem te krótkie wskazówki, mając na względzie jaknajszersze rozpowszechnienie najniezbędniejszych wiadomości z elektrotechniki.

W obecnych czasach technicy mają coraz częściej do czynienia z urządzeniami oświetlenia elektrycznego, lub przenoszenia energii mechanicznej, dla nich też te wskazówki przeznaczam.

Pomijając zupełnie wyjaśnienia i dowodzenia przytoczonych wzorów i twierdzeń, miałem na względzie zmniejszenie do możliwych granic objętości wydawnictwa; przez to, oczywiście, znajdą się rzeczy niezrozumiałe dla czytelnika, nie obznajmionego z przedmiotem.

Starałem się jednak tak ułożyć praktyczne cyfry i wskazówki, by można było korzy-

stać z nich bezpośrednio, nie zwracając się do innych źródeł.

W rozdziale pierwszym, omawiającym wielkości i jednostki elektromagnetyczne, miałem na względzie przedewszystkiem ścisłość określeń i porządek stopniowej pochodności jednostek następnych z poprzednich.

W szeregu rozdziałów dalszych dążyłem do uwzględnienia przedewszystkiem potrzeb praktyki.

Książki przytoczone w kilku miejscach, stosownie do omawianych przedmiotów mają na celu wskazanie źródeł, z których czytelnik może zasięgnąć szczegółowych wiadomości. Zaznaczam przytem, że wydawnictwa p. p. Zygmunta Straszewicza i Bernarda Szapiry, oprócz treści ściśle odpowiadającej tytułom, posiadają dużo materyału, dotyczącego ogólnych wiadomości z rozmaitych działów elektrotechniki.

M. Pożaryski.

Warszawa w Marcu 1903 r.

Wielkości i jednostki elektromagnetyczne.

Prąd stały [1]).

Pole magnetyczne. Przestrzeń, w której działają siły magnetyczne, nazywamy *polem magnetycznem.* Siłą magnetyczną nazywamy taką siłę, która działa na biegun magnesu. W pewnem miejscu określonego magnetycznego pola mogą na biegun magnesu działać siły rozmaitej wielkości, zależnie od własności samego bieguna; tę własność zowiemy *masą bieguna* i rozważamy jako wielkość; do mierzenia tej wielkości służy jednostka bieguna magnetycznego, która określa się jako masa jednego z dwóch równych sobie biegunów, odpychających się z siłą równą jednej dynie [2]), jeżeli odległość pomiędzy biegunami jest 1 *cm.*

---

[1]) Prof. J. D. Everett. Jednostki i stałe fizyczne. Tłomacz. J. J. Boguski.

[2]) Jednostka siły dyna jest to taka siła, która udziela masie materyalnej równej 1 gramowi przyśpieszenie centymetr na sekundę.

Ten sam biegun magnetyczny w różnych polach magnetycznych podlega działaniu rozmaitych sił, zależnie od własności samego pola; własność tę zowiemy *natężeniem* pola magnetycznego. Jednostką miary tego natężenia służy natężenie takiego pola, które na jednostkę bieguna magnetycznego działa z siłą jednej dyny.

Siła prądu elektrycznego. Zjawisko pola magnetycznego dostrzegamy zawsze wokoło przewodnika z prądem elektrycznym. Natężenie pola magnetycznego jest zależne od własności prądu elektrycznego, tę własność zowiemy *siłą prądu*. Miarą siły prądu jest jednostka *amper* równa 0,1 siły takiego prądu, który przepływając po przewodniku zgiętym w kształcie okręgu o promieniu równym 1 cm. wywołuje w środku okręgu pole o natężeniu równem $2 \times 3{,}14... = 6{,}28...$ jednostek, wyżej wskazanych.

Ilość elektryczności. Jeżeli w przeciągu pewnego okresu czasu po przewodniku przepływa prąd elektryczny siły stałej, to, mnożąc wielkość siły prądu przez czas, w ciągu którego prąd przepływał, otrzymujemy iloczyn zwany *ilością elektryczności*. Mierzymy tę wielkość za pomocą jednostki, zwanej *kulonem* i określającej się jako ta ilość elektryczności, którą otrzymujemy, mnożąc siłę prądu 1 amper przez 1 sekundę. Wogóle iloczyn siły prądu przez czas możemy sobie wyobrażać, jako pewną ilość elektryczności, rzeczywiście przepływającej w pewnym kierunku

przez przewodnik wciągu danego czasu i przy danej stałej sile prądu.

Napięcie elektryczne. Prąd elektryczny pracuje w odpowiednich warunkach tak, jak para w parowej maszynie, lub woda w turbinie; przechodząc przez przewodniki nagrzewa je, t. j. wytwarza ciepło, które uważamy za rodzaj pracy (energii), słowem, prąd elektryczny może wytwarzać pracę. Doświadczenie wskazuje, że ilość pracy, otrzymanej z prądu elektrycznego jest przedewszystkiem zależną od jego siły; jednak nieraz daje się zauważyć, że prądy tej samej siły wytwarzają rozmaitą ilość pracy w ciągu tego samego czasu; przyczyną tego zjawiska jest rozmaite *napięcie elektryczne*, pod wpływem którego płynie prąd. Napięcie elektryczne jest wielkością, którą mierzymy jednostką, zwaną *woltem.* Określamy tę jednostkę jako napięcie elektryczne, pod wpływem którego prąd siły 1 amper w ciągu jednej sekundy daje pracę równą jednemu *dżaulowi* (por. dalej).

Praca prądu elektrycznego jest zależna od trzech czynników: siły prądu, napięcia i czasu; zwiększenie każdej z tych wielkości powiększa pracę tylekrotnie, ile razy była zwiększona którakolwiek z powyższych wielkości, słowem, praca jest w stosunku prostej proporcyonalności do siły prądu, napięcia i czasu; algebraicznie zależność ta wyraża się przez wzór pracy; oznaczenia: ilość pracy — A, siła prądu — i, napięcie — e, czas — t:

$$A = e\ i\ t.$$

Wyrażając A, e, i, t liczbami, używamy jednostek powyżej wskazanych, mianowicie: dżaul, wolt, amper i sekundę.

W praktyce często stosują się jednostki pracy inne: watgodzina i kilowatgodzina, które otrzymują się przez przyjęcie za jednostką czasu 1 godzinę. 1 watgodzina = = 3600 dżauli.

1 dżaul równa się 10^7 ergów [1]). Jednostka pracy mechanicznej, używana powszechnie — kilogramometr zawiera 981 . 1000 . 100 = = 98100000 ergów = 9,81 dżauli. Cieplną jednostką pracy, czyli ilości ciepła jest kilogramkalorya (duża ciepłostka), która zawiera 427 kilogramometrów = 427 × 98100000 ergów = 4189 dżauli = 1,16 watgodzin.

Sprawność prądu elektrycznego zależy tylko od dwóch czynników: siły prądu i napięcia i wyraża się przez iloczyn tych wielkości. Sprawność (oznaczenie W) jako stosunek pracy do czasu, w ciągu którego ta praca została wykonana, wyraża się jak następuje:

$$W = \frac{A}{t} = e\ .\ i.$$

Jednostkę sprawności posiada prąd wytwarzający 1 dżaul pracy w ciągu sekundy.

---

[1]) Erg, absolutna jednostka pracy, jest to praca, wykonywana przez siłę równą jednej dynie przy przesuwaniu się punktu, w którym ta siła działa, na długość 1 *cm* w kierunku siły.

Taka jednostka sprawności nazywa się *wat*. Prąd o jednostce sprawności można określić jeszcze inaczej, jako prąd, którego siła jest równa 1 amperowi przy napięciu 1 wolta.

Zależność pomiędzy watem a jednostką, używaną zwykle w technice — koniem parowym, określa się na zasadzie związku, jaki isnieje z jednej strony pomiędzy jednostką podstawową, absolutną sprawności — ergiem na sekundę i watem, i z drugiej pomiędzy ergiem na sekundę i koniem parowym. Wiadomo jest, że 1 wat równa się 10^7 ergom na sekundę, koń zaś parowy równa się $75 \times 981 \times 100000$ ergom na sekundę, stąd 1 koń parowy zawiera:

$$\frac{75 \times 981 \times 100000}{10^7} = 736 \text{ watów.}$$

Opór elektryczny. Siła prądu elektrycznego przy danym napięciu zależy od własności przewodnika, po którym prąd płynie. Jeżeli weźmiemy np. kawałek drutu miedzianego i puścimy po tym drucie prąd elektryczny, siły i amperów przy napięciu na końcach tego drutu e woltów, to powiadamy, że przewodnik stawia *opór* (oznaczenie r) dla przejścia prądu; wielkość tego oporu określa się jako iloraz:

$$\frac{e}{i} = r \quad \text{(prawo Oma).}$$

Za jednostkę do mierzenia oporu służy *om*; określamy go jako opór takiego przewodnika, po którym płynie prąd siły 1 ampera przy napięciu na końcach przewodnika 1 wolt.

Prąd zmienny.

Prądami zmiennymi w elektrotechnice nazywamy takie prądy, które około 100 razy na sekundę zmieniają swój kierunek; siła prądu wzrasta stopniowo do pewnej największości, potem maleje do zera, następnie prąd zmienia swój kierunek na odwrotny i znów siła jego stopniowo wzrasta w tym nowym kierunku do największości, a potem znowu maleje do zera i t. d.

Siła prądu i napięcie. Przy prądach zmiennych mamy do czynienia z temi samemi wielkościami, co i przy prądach stałych; te same jednostki służą do mierzenia tych wielkości. Ze względu jednak na ciągłą ich zmienność należy bliżej określić, o jakich wielkościach przy prądach zmiennych mówimy. W praktyce mamy zwykle do czynienia z pierwiastkami kwadratowymi z przeciętnych z kwadratów chwilowych znaczeń wielkości. Tak np. jeżeli mówimy o sile zmiennego prądu 5 amperów, to znaczy, że jeżeli weźmiemy przeciętną z podniesionych do kwadratu wielkości siły prądu w szeregu chwil, wybranych możliwie częściej w ciągu np. sekundy, i wyciągniemy z tej przeciętnej pierwiastek kwadratowy, to otrzymamy 5. Podobne pojęcie stosuje się i do napięcia prądu zmiennego.

Tak pojętą wielkość siły i napięcia prądu zmiennego nazywamy zwykle wielkością *sprawną* lub *czynną*.

Sprawność prądu zmiennego określamy jako sprawność przeciętną w ciągu okresu czasu równego lub większego od tego, który upływa od chwili jednej największości do następnej w tym samym kierunku. Znając czynne wielkości siły i napięcia prądu zmiennego według poprzedniego określenia, możemy znaleźć sprawność prądu zmiennego podobnież jak w prądzie stałym, mnożąc napięcie przez siłę prądu:

$$w = e \, . \, i$$

w oznacza sprawność, e — napięcie czynne, i — siłę prądu czynną.

Takie określenie sprawności jest jednakże prawdziwe tylko w jednym wypadku, kiedy siła prądu i napięcie jednocześnie osiągają największości w tym samym kierunku; dla określenia tej zgodności prądu z napięciem używamy wyrażenia: prąd i napięcie są w fazie, lub też: fazy napięcia i prądu są jednakowe.

Jeżeli prąd osiąga w pewnym kierunku największość w innym czasie niż napięcie, to powiadamy, że ma miejsce różnica faz prądu i napięcia. Na sprawność prądu ma różnica faz wpływ taki, że ze zwiększaniem się tej różnicy zmniejsza się sprawność prądu. Tak, że:

$$w = e \, . \, i \, . \, k,$$

k oznacza spółczynnik zależny od różnicy faz, w praktyce k waha się od 1 do 0,2.

Praca prądu zmiennego określa się zupełnie tak samo, jak przy prądzie stałym. Pra-

ca jest to iloczyn sprawności i czasu, o ile w ciągu takowego sprawność jest stałą.

Opór. Co się tyczy oporu, który mają przewodniki względem prądu zmiennego, to składa się on z kilku czynników: zwykłego oporu, jaki przewodnik ma dla prądu stałego (tak zwanęgo omicznego), oporu z powodu samoindukcyi i z powodu pojemności. Samoindukcyą nazywamy zjawisko, polegające na tem, że pole magnetyczne wokoło przewodnika z prądem zmiennym jest zmienne i wywołuje w przewodniku siłę, tak zwaną elektrobodźczą, która przeciwdziała przechodzeniu prądu.

Pojemnością nazywamy własność przewodników elektrycznych, w skutek której pewna ilość elektryczności musi wejść na przewodnik, zanim zostanie osiągnięte pewne napięcie. Często ten lub ów czynnik działa słabo i wtedy można go wobec innych pominąć. Najczęściej w praktyce mamy do czynienia z przewodnikami posiadającymi znaczny opór omiczny i samoindukcyę, pojemność zaś bardzo małą.

Generatory prądu elektrycznego [1]).

Przyrządy wytwarzające prąd elektryczny nazywamy generatorami. Działanie tych przyrządów polega na przetwarzaniu energii chemicznej lub mechanicznej w elektryczną.

[1]) Zygmunt Straszewicz. Światło elektryczne. Marjan Lutosławski. Prąd elektryczny jego wytwarzanie i zastosowanie w technice.

Ogniwa lub elementy galwaniczne.

Ogniwa galwaniczne są to przyrządy, przetwarzające energię chemiczną w elektryczną. Najpraktyczniejsze ogniwa są: Leclanche'a, Meindinger'a i suche.

Ogniwo Leclanché'a składa się z twardej płytki węgla koksowego i walca cynkowego, pogrążonych w roztwór chlorku amonu; cynk od węgla jest izolowany porcelanową płytką; dla zabezpieczenia węgla od wydzielania się nanim gazu, pogrąża się takowy w piankę, napełnioną mieszaniną tłuczonego węgla i dwutlenku manganu, lub umieszcza się z boku płytki węglowej dwa kawałki zlepieńca, utworzonego z węgla i dwutlenku manganu. Cynk i węgiel tworzą dwa bieguny: ujemny i dodatni ogniwa. Przy użyciu należy dopełniać ogniwo wodą i czasem dosypywać soli chlorku amonu, po dłuższym przeciągu czasu należy zużyty walec cynkowy zastąpić nowym.

Ogniwo Meindinger'a jest najpraktyczniejszą odmianą ogniw typu Daniela. Składa się ono z naczynia szklanego, wypełnionego w dolnej części stężonym rozczynem siarczanu miedzi, w górnej soli gorzkiej (siarczanu magnezu); w rozczyn siarczanu miedzi jest pogrążony zwinięty z blachy walec miedziany, w rozczyn soli gorzkiej podobnyż walec cynkowy. Aby utrzymać rozczyn siarczanu miedzi ciągle w stanie stężonym, pogrąża się w nim otwór kolby szklanej, wypełnionej kryształami czystego siarczanu miedzi. Mie-

dziany walec jest w danym razie biegunem dodatnim, cynk ujemnym.

Ogniwo suche. Skład tych ogniw jest zwykle taki, jak ogniwa Leclanché'a, mianowicie węgiel i cynk są pogrążone w rozczyn chlorku amonu, którym w tym razie jest nasycona jakakolwiek masa porowata, wypełniająca naczynie. Biegun dodatni zwykle jest w środku, ujemny zaś z boku. Najczęściej ogniwa galwaniczne stosują się do dzwonków i telefonów, gdzie mamy do czynienia z prądami krótkotrwałymi, przerywanymi, w takim razie najodpowiedniejszymi są ogniwa Leclanché'a lub suche. Przy innych warunkach, kiedy ogniwa mają dawać prąd stały przez czas dłuższy, lepiej jest stosować ogniwa Meindingera.

W zwykłych warunkach należy łączyć ogniwa pomiędzy sobą w szereg, t. j. dodatni biegun pierwszego z ujemnym drugiego, dodatni drugiego z ujemnym trzeciego i t. d. ujemny biegun pierwszego i dodatni ostatniego ogniwa łączą się z przewodnikami, odprowadzającymi prąd od bateryi. Napięcie na biegunach ogniw zależne jest od rodzaju ogniw i siły prądu, który ogniwa dają. Przy obwodzie przerwanym, t. j. jeżeli ogniwo nie daje żadnego prądu, mamy na biegunach ogniwa Leclanché'a napięcie 1,4 *v*, Meiningera — 1 *v*.

Przy połączeniu ogniw w szereg, jak wyżej wskazano, napięcie wypadkowe pomiędzy drutami, odprowadzającymi równa się

$n \cdot e$, gdzie n — ilość ogniw, e — napięcie na biegunach każdego z ogniw.

Jeżeli ogniwo daje prąd, to napięcie się zmniejsza tembardziej, im większą jest siła prądu.

Dynamo-maszyny albo prądnice.

Dynamo-maszynami nazywamy przyrządy, przetwarzające energię mechaniczną w elektryczną.

W przyrządach tych przewodniki poruszają się w polu magnetycznem, lub też wywołujemy wokoło przewodników zmienne pole magnetyczne przez poruszanie elektromagnesów albo kawałków żelaza; w tych warunkach powstaje w przewodniku siła elektrobodźcza, która wywołuje prąd elektryczny.

Dynamomaszyny bywają prądu stałego i prądu zmiennego, jedno i wielofazowego.

Dynamomaszyny prądu stałego budują się normalnie na napięcia od 20 do 500 wolt, przy sile prądu zależnej od sprawności, jeżeli W — sprawność dynamo, e — napięcie na biegunach, i — siła prądu, to

$$W = e \cdot i$$

stąd $$i = \frac{W}{e}$$

Dla oświetlenia zwykle używają się dynamo-maszyny, dające prąd przy napięciu od 60 do 220 v, bocznikowe, w których zwoje elektromagnesów są połączone równolegle (w odgałęzieniu) do twornika dynamo (twor-

nikiem nazywamy tę część dynamo, gdzie są umieszczone przewodniki, w których powstaje siła elektrobodźcza).

Co do ilości obrotów dynamo, to takowe budowane są zwykle dwóch typów: z małą ilością obrotów na minutę i z dużą, stosownie do tego jak ma być urządzona przekładnia pomiędzy silnicą a dynamomaszyną. Dynamo z mała ilością obrotów przy tej samej sprawności są droższe od maszyn z większą ilością obrotów.

Sprawność silnicy, poruszającej dynamo, lub wogóle sprawność, którą należy dostarczyć osi dynamomaszyny, by otrzymać sprawność prądu elektrycznego W — watów oblicza się według wzoru

$$W' = \frac{W}{K \, . \, 736}$$

K oznacza spółczynnik wydajności dynamo, który się waha od 75% do 94%, stosownie do sprawności od 5 do 500 kilowatów. W' — sprawność dostarczona dynamomaszynie wyrażona w koniach parowych.

Silnica powinna posiadać dobry regulator i odpowiednie koło rozpędowe, które zabezpieczyłoby taką równomierność ruchu, aby szybkość obrotu nie wahała się więcej, jak na 2 do 3%.

Przy rewidowaniu dynamomaszyny należy zwrócić uwagę na łożyska, by się nie grzały nadmiernie, na twornik i zwoje elektromagnesów, by temperatura takowych po ośmiogodzinnej pracy, przy całkowitem obciąże-

niu, nie była wyższa ponad temperaturę otaczającego powietrza więcej jak na 40 do 50°. Kolektor powinien być czysty, równy i dokładnie okrągły, szczotki o tyle naciśnięte, by tworzyły dobry kontakt z kolektorem, lecz go nie niszczyły. Przy odpowiedniem położeniu szczotek na kolektorze nie powinny się zjawiać pod niemi iskry, nawet przy największem obciążeniu dynamo. Regulator opornikowy powinien umożliwiać utrzymanie stałego napięcia na biegunach maszyny przy zmianie obciążenia od zera do największego. Jeżeli dynamo ma służyć do ładowania akumulatorów bez dynamomaszyny dotatkowej, to ten sam regulator przy obciążeniu nieco mniejszem od normalnego powinien dawać możność podniesienia napięcia do tego stopnia, jakiego wymaga baterya akumulatorów przy końcu ładowania.

Ilość obrotów dynamomaszyny powinna być normalna według przepisów fabryki.

Przeciążać dynamomaszyny, t. j. brać z nich prąd silniejszy ponad przepisaną normę można, zależnie od konstrukcyi maszyny od kilku do 25%, zwracając przedewszystkiem uwagę na to, by dynamomaszyna nie rozgrzała się do temperatury, przy której może być uszkodzoną izolacya przewodników twornika i elektromagnesów.

Przy przenoszeniu energii mechanicznej za pomocą elektryczności używają się zwykle dynamo o napięciu 110 do 500 i wyjątkowo więcej woltów.

Co do typu maszyn, to podobnież jak dla oświetlenia najczęściej stosują się dynamo bocznikowe, jeżeli jednak energia elektryczna oddaje się od jednej, dynamomaszyny do jednego motoru elektrycznego, to można, a nieraz jest nawet lepiej, zastosować dynamomaszynę i motor szeregowy, t. j. taki, w którym zwoje elektromagnesów są połączone w jeden obwód nierozgałęziony ze zwojami twornika.

Dynamomaszyny prądu zmiennego budowane są zwykle albo jednofazowe albo trójfazowe. Jednofazowe są te maszyny, od których prąd rozprowadza się za pomocą dwóch przewodników i w obu tych przewodnikach płynie prąd o jednakowej sile, jednakowej ilości zmian na sekundę i w tym samym czasie osiąga największość. Dynamo trójfazowe dają prąd zmienny potrójny, właściwie, trzy prądy zmienne, które zwykle rozprowadzają się za pomocą trzech, a czasem czterech przewodników; w tym ostatnim razie trzy z tych przewodników są główne, a jeden zerowy, często cieńszy od głównych. Prądy, płynące po wyżej wskazanych trzech przewodnikach, różnią się pomiędzy sobą tem, że niejednocześnie osiągają największość, t. j. między tymi prądami jest różnica faz. Dynamomaszyny prądu zmiennego jednofazowego znajdują zastosowanie przy oświetleniu znacznych przestrzeni i nieznacznej ilości motorów elektrycznych, zasilanych od dynamomaszyny, dającej prąd dla oświetlenia, jeżeli zaś w in-

stalacyi przeważają motory, to zwykle stosuje się dynamomaszyny prądu trójfazowego. Dynamomaszyny prądu zmiennego budowane są normalnie na napięcie prądu od 110 *v* do 1000 *v* i wyżej; siła prądu zależy od sprawności i określa się przez wzór:

$$W = e \,.\, i \,.\, k, \text{ stąd: } i = \frac{W}{e \,.\, k},$$

i — oznacza siłę prądu, *W* — sprawność, *e* — napięcie, *k* — spółczynnik zależny od różnicy faz prądu i napięcia (patrz wyżej o prądzie zmiennym). Ten wzór stosuje się tylko do dynamomaszyn jednofazowych; przy maszynach trójfazowych sprawność dynamo wyraża się wzorem następującym:

$$W = \sqrt{3} \,.\, e \,.\, i \,.\, k,$$

W — oznacza całą sprawność dynamo, *e* — napięcie pomiędzy każdemi dwoma przewodnikami, za wyjątkiem zerowego, *i* — siła prądu w każdym z przewodników, za wyjątkiem zerowego, *k* — spółczynnik jak wyżej.

Z powyższego wzoru wypada:

$$i = \frac{W}{\sqrt{3} \,.\, e \,.\, k}.$$

Zwoje elektromagnesów dynamomaszyny prądu zmiennego, są zasilane przez oddzielne małe dynamomaszyny prądu stałego, połączone mechanicznie z dynamo prądu zmiennego, lub też wprawiane w ruch oddzielnie.

Dynamo prądu zmiennego budują się na większą i mniejszą ilość obrotów; szybciej chodzące dynamo przy tej samej sprawności, są tańsze.

Sprawność mechaniczna w koniach parowych, pochłaniana przez dynamomaszynę określa się według wzoru:

$$W' = \frac{W}{K . 736}.$$

W' — sprawność pochłaniana przez dynamo w koniach. W — sprawność elektryczna w watach, otrzymywana z dynamo. K — spółczynnik wydajności dynamomaszyny, który się waha w tych samych granicach co i w maszynach prądu stałego. Równomierność biegu silnicy, obracającej dynamo, powinna być jeszcze znaczniejsza, niż przy dynamo prądu stałego, szczególnie jeżeli na stacyi ma pracować jednocześnie kilka maszyn połączonych z siecią.

Rewidując dynamo prądu zmiennego, należy stosować się do przepisów, wskazanych przy omawianiu dynamo prądu stałego.

Prąd zmienny wogóle posiada dwie zalety zasadnicze, które czynią go odpowiedniejszym w pewnych warunkach, niż prąd stały; 1-a łatwość przetwarzania prądu zmiennego o małem napięciu w prąd zmienny o napięciu wysokiem, za pomocą prostych nieruchomych przyrządów, zwanych transformatorami; 2-ga bardzo proste i trwałe w użyciu urządzenie motorów prądu zmiennego, jako też i łatwość w obsłudze takowych. Prąd zmienny posiada jednak i strony ujemne w porównaniu z prądem stałym: 1-a droższe i mniej praktyczne oświetlenie lampami łukowemi prądu zmiennego, 2-ga brak

praktycznych akumulatorów do przechowywania energii elektycznej i użytkowania w miarę potrzeby bez ciągłego utrzymywania w ruchu dynamomaszyn. Warunki w każdym poszczególnym wypadku rozstrzygają: czy jest potrzeba korzystania z wysokich napięć (aby módz tanio przenosić energię na znaczne przestrzenie) i mieć proste motory, czy też potrzebne jest dobre oświetlenie lampami łukowemi i możność przechowywania energii i użytkowania takowej przy bezczynności maszyn.

Akumulatory.

Akumulatorami nazywamy przyrządy, które pochłaniają energię elektryczną, a przetworzywszy takową na chemiczną, przechowują w tym stanie i następnie w odpowiednich warunkach oddają pochłoniętą energię znowu w postaci elektrycznej.

Zwykłe akumulatory składają się z naczyń szklanych lub drewnianych i płyt ołowianych po części utlenionych, które są pogrążone w rozczyn kwasu siarczanego o ciężarze gatunkowym: 1,17 do 1,2, co odpowiada od 20° do 24° według skali Beaume'go.

Płyty cieńsze, znajdujące się w większej ilości, połączone z sobą, tworzą biegun ujemny, płyty umieszczone pomiędzy pierwszemi i połączone też razem, tworzą biegun dodatni. W jednem naczyniu zwykle jest jedno ogniwo, t. j. jedna grupa płyt ujemnych i je-

dna dodatnich. Ogniwa łączą się pomiędzy sobą w szereg w ilości zależnej od napięcia, jakie ma dawać baterya. Ponieważ napięcie na biegunach jednego ogniwa waha się w granicach: 1,85 (przy końcu wyładowywania) do 2,7 (przy końcu ładowania) wolt, to ilość ogniw w bateryi należy obliczać według wzoru:

$$n = \frac{e}{1,85}$$

n—ilość ogni w wbateryi, e—napięcie w sieci.

Dla otrzymania stałego napięcia w sieci przy zmiennem napięciu na biegunach ogniw służą przyrządy, zwane ładownicami i umożliwiające łączenie z siecią rozmaitej ilości ogniw, odpowiednio do stanu wyładowania takowych.

Oprócz ilości ogniw dla określenia wielkości bateryi, należy wskazać jeszcze ilość i wielkość płyt w każdem ogniwie; określa się to przez pojemność bateryi lub ogniwa, t. j. ilość amper-godzin (siła prądu pomnożona przez ilość godzin, w ciągu których ten prąd płynął), którą ogniwo dać może.

Baterya np. o pojemności 120 amper-godzin jest taka, która w ciągu 3 godzin może dawać prąd siły 40 *A*, lub w ciągu 10 godzin prąd siły 12 *A*. (Przy słabszych prądach baterya zwykle daje nieco więcej amper-godzin, niż przy silniejszych).

Spółczynnikiem wydajności bateryi zowiemy stosunk energii wydanej przez bateryę do pochłoniętej, dla zwykle używanych

i prawidłowo obsługiwanych baterуi stosunek ten równa się 75% do 80%. Warunki trwałości bateryi i prawidłowego działania są:

1. Ładowanie w miarę, ani zamało, ani za dużo, prądem normalnym według przepisów fabryki.

2. Nieprzekraczanie granicy najwyższej siły prądu przy wyładowywaniu.

3. Unikanie utrzymywania bateryi w stanie wyładowanym przez czas dłuższy.

4. Utrzymywanie odpowiedniej ilości i gęstości kwasu, według przepisów fabryki.

5. Zapobieganie tworzeniu się krótkich połączeń wewnątrz naczyń, pomiędzy płytami różnych biegunów.

Transformatory i przetwornice.

Do przetwarzania energii elektrycznej w postaci prądu stałego w energię elektryczną w postaci prądu zmiennego, lub odwrotnie, służą przyrządy zwane przetwornicami: składają się one zwykle z dwóch maszyn połączonych mechanicznie, mianowicie motoru elektrycznego, otrzymującego prąd przetwarzany i dynamomaszyny, wytwarzającej prąd taki, jaki chcemy otrzymać.

Podobneż urządzenie stosuje się, jeżeli wypada przetwarzać prąd stały o pewnem napięciu w prąd stały o napięciu innem.

Do przetwarzania prądu zmiennego pewnego napięcia w takiż prąd o napięciu innem, stosują się przyrządy, zwane transformatorami i składające się z rdzenia żelazne-

go, owiniętego dwoma niezależnemi od siebie zwojami drutu, w jeden zwój wprowadzamy prąd przetwarzany, z drugiego otrzymujemy przetworzony — cały przyrząd jest nieruchomy.

Wielkość przetwornic i transformatorów określa się sprawnością prądu, który mamy z takowych otrzymać; budowa jest uwarunkowana rodzajem prądów: wprowadzanego i odprowadzanego i ich napięciem.

W przetwornicach i transformatorach część energii traci się, tak, że otrzymujemy tylko część energii doprowadzonej do przetwornicy lub transformatora i spółczynnik wydajności

$$K = \frac{W'}{W}$$

W' — energia otrzymana, W — energia doprowadzona. K — dla przetwornic, przy sprawności takowych od 5 kilowatów do 100 kilowatów, równa się:

0,56 do 0,80;

K — dla transformatorów przy sprawności: od 0,5 do 500 kilowatów, równa się:

0,89 do 0,98.

Motory, czyli silnice elektryczne.

Są to przyrządy, przetwarzające energię elektryczną w mechaniczną. Działanie silnic polega na tem, że ruchome przewodniki z prądem, znajdujące się w pewnem poło-

żeniu w polu magnetycznem, podlegają działaniu siły, która wprawia je w ruch.

Przewodniki są umocowane na walcu żelaznym, osadzonym na osi; pod wpływem odpowiednio skierowanej siły, działającej na przewodniki, oś zostaje wprawiona w ruch, który można przenieść na inne maszyny. Każda dynamomaszyna może służyć jako silnica.

Silnice prądu stałego.

Silnice prądu stałego budują się dla sprawności od dziesiątych części konia parowego do setek koni. Co do ilości obrotów na minutę, to takowa zależna jest przedewszystkiem od wielkości silnicy.

Sprawność w koniach parowych:
1 — 6 — 12 — 20 — 50 — 100

Ilość obrotów na minutę:
1250 — 950 — 800 — 650 — 500 — 425.

W powyższej tabliczce są podane ilości obrotów normalne; budują się motory i na ilość obrotów zmniejszoną, są jednak stosunkowo droższe i mają mniejszy spółczynnik wydajności.

Kierunek obrotu silnicy zależy od kierunku prądu w tworniku i elektomagnesach; dla zmiany kierunku obrotu wystarcza w *jednym* z obwodów: w tworniku lub w elektromagnesach zmienić kierunek prądu.

Przeważnie używają się motory bocznikowe ze zwojami elektromagnesów, włączo-

nymi równolegle do zwojów twornika. Takie motory przy zmiennem obciążeniu, zachowują prawie stałą ilość obrotów w zwykłych warunkach (wahania nie wynoszą więcej jak kilka procent). Przy stałem obciążeniu można zmieniać ilość obrotów za pomocą oporników.

Motory szeregowe (zwoje elektromagnesów są połączone w szereg ze zwojami twornika) przy zmiennem obciążeniu, zmieniają ilość obrotów w bardzo znacznych granicach, przy stałem obciążeniu można zmieniać ilość obrotów za pomocą oporników. W porównaniu z motorami bocznikowymi mają tę wyższość, że w chwili ruszania wywierają na oś większy moment kręcący, niż w tych samych warunkach motory bocznikowe.

Budowa motoru określa się napięciem prądu zasilającego, sprawnością i ilością obrotów na minutę.

Jeżeli wiadomą nam jest sprawność motoru w koniach parowych, to sprawność w watach prądu elektrycznego, pochłanianego przez motor, określa się według wzoru

$$W = \frac{W' \,.\, 736}{K}$$

W — oznacza sprawność, którą pochłania motor, W' — sprawność w koniach, którą motor daje, K — spółczynnik wydajności motoru.

K jest zależne od sprawności motoru, a mianowicie:

Sprawność w koniach parowych:

	2 —	6 —	10 —	20 —	40
K. .	0,78 —	0,83 —	0,84 —	0,87 —	0,90.

Siłę prądu, pochłanianą przez motor, określa się podług wzoru:

$$i = \frac{W}{e}.$$

W—sprawność prądu, pochłaniana przez motor, w watach, *e* — napięcie prądu w woltach, *i*—siła prądu w amperach.

Silnice prądu zmiennego.

Szerokie zastosowanie mają motory, zasilane prądem jednofazowym i trójfazowym (patrz dynamomaszyny prądu zmiennego) zwykle zwane asynchronicznemi.

Asynchroniczne motory jednofazowe mają własności następujace: ze stanu spoczynku ruszają same tylko przy zastosowaniu specyalnych przyrządów do puszczania w ruch.

Aby zmienić kierunek obrotów motoru, należy odpowiednio zmienić połączenie motoru z przyrządem do puszczania w ruch.

Przy zmiennem obciążeniu motor zmienia ilość obrotów na minutę tylko na kilka procent. Zmieniać ilość obrotów przy stałem obciążeniu można za pomocą opornika wprowadzanego w obwód zwojów ruchomych.

Każdy motor stosownie do sprawności ma pewne największe obciążenie poza którem, ilość obrotów szybko się zmniejsza i motor wkrótce staje.

Motory trójfazowe ruszają ze spoczynku wprost przez wprowadzenie prądu, bez specyalnych przyrządów; dla zwiększenia momentu kręcącego przy ruszaniu i zmniejszeniu siły prądu dopływającego z sieci, wprowadzają się przy większych motorach w obwód zwojów ruchomych oporniki. Te oporniki zarazem służą do zmiany ilości obrotów (naprz. w windach elektr.).

Przy zmiennem obciążeniu ilość obrotów motoru trójfazowego podobnie jak jednofazowego zmienia się, o kilka procent (do 5%) o ile obciążenie nie przejdzie granicy największości, po za którą motor szybko zwalnia bieg i staje. Motor trójfazowy daje się stosunkowo więcej przeciążać niż motor jednofazowy.

Budowa motoru jednofazowego i trójfazowego określa się napięciem jakie ma prąd w sieci, sprawnością, ilością obrotów i innymi specyalnymi warunkami, przy których motor puszcza się w ruch i pracuje.

Co do ilości obrotów, to przy motorach zmiennego prądu jesteśmy skrępowani pewnym szeregiem, od którego odstąpić nie można przy danej ilości zmian na sekundę prądu w sieci. Jeżeli prąd zmienia w sieci swój kierunek *m* razy na sekundę, to ilość obrotów na minutę motorów nie obciążonych, zasilanych z tej sieci, może być:

$$\frac{m \cdot 60}{2}; \quad \frac{m \cdot 60}{4}; \quad \frac{m \cdot 60}{6}; \quad \frac{m \cdot 60}{8} \text{ i t. d.}$$

Zwykle $m = 100$ więc ilość obrotów na minutę będzie:

3 000; 1500; 1 000; 750; i t. d.

Można motor tak urządzić, że przy jednem połączeniu z siecią będzie robił n obrotów na minutę, a przy drugiem $\frac{n}{2}$ obrotów na minutę.

Zmieniać kierunek obrotów motoru trójfazowego można, zmieniając wzajemnie miejsca zamocowania dowolnych dwóch drutów z tych trzech, które prowadzą prąd do motoru.

Dla motorów jednofazowych i trójfazowych, sprawność prądu, pochłanianego przez motor ze sprawności danej w koniach parowych, określa się według wzoru

$$W = \frac{W' \cdot 736}{K}.$$

W — sprawność prądu w watach, W' — sprawność motoru w koniach parowych, K — spółczynnik wydajności. Dla motorów trójfazowych wielkość K, stosownie do sprawności motoru, wskazuje tablica następująca :

Sprawność w koniach parowych

2 — 5 — 10 — 15 — 25 — 40 — 100

Spółczynnik wydajności

0,70 — 0,80 — 0,84 — 0,86 — 0,88 — 0,90 — 0,91

Motory jednafazowe mają spółczynnik

wydajności trochę mniejszy od tych, które są podane dla motorów trójfazowych.

Siła prądu, pochłanianego przez motor jednofazowy, określa się według wzoru:

$$i = \frac{W}{e \,.\, k}$$

i — siła prądu w amperach, e — napięcie w woltach W — sprawność prądu w watach, k—spółczynnik zależny od przesunięcia faz napięcia i prądu.

k — waha się zależnie od obciążenia motoru i jego budowy w granicach od 0,7 do 0,9. Przy normalnem obciążeniu w motorach gorszych k — wynosi 0,8, w lepszych 0,9.

Siła prądu, płynącego przez każdy z trzech przewodników motoru trójfazowego, określa się według wzoru:

$$i = \frac{W}{\sqrt{3}\, e \,.\, k}$$

i — siła prądu w przewodniku w amperach, W — sprawność prądu, pochłanianego przez motor, w watach, e — napięcie pomiędzy dwoma przewodnikami w woltach, k — spółczynnik zależny od różnicy faz prądu i napięcia. Wielkość tego spółczynnika nie różni się od takowego dla motorów prądu jednofazowego. Wogóle należy zauważyć, że przy tej samej normalnej sprawności motor trójfazowy jest znacznie mniejszy, lżejszy i tańszy od motoru jednofazowego.

Lampy elektryczne.

Lampy żarowe składają się z gruszki szklanej i włókna węglowego, umieszczonego w tej gruszce, z której wypompowano powietrze do możliwie mniejszego ciśnienia. Prąd przechodzi przez węgiel, rozżarza go i wywołuje promienie świetlne wysyłane przez powierzchnię węgla.

Charakterystyczne cechy lampy żarowej są: napięcie na biegunach i siła światła. Robią się lampy na napięcia od 65 do 250 woltów przy sile światła: 8, 10, 16, 25, 32, 50 i 100 świec, najczęściej są używane 16 świecowe. Zwykłe lampki po 300 godzinach świecenia tracą 20% siły światła.

Sprawność prądu, pochłanianego przez lampę żarową, określa się według wzoru:

$$W = S \cdot w,$$

W — cała sprawność prądu, przechodzącego przez lampkę, S — siła światła lampki, wyrażona w świecach normalnych, w — sprawność, pochłaniana na każdą świecę siły światła, wypromieniowanego przez lampkę. w w zależności od rodzaju lampek, waha się w granicach od 2 do 3,5 wata na świecę. w zwiększa się z czasem dla każdej lampki, w miarę tego, im dłużej ona jest czynną.

Siła prądu, pochłanianego przez lampkę, określa się według wzoru

$$i = \frac{W}{e}.$$

i—siła prądu, *W* — ma takież znaczenie, jak poprzednio, *e* —napięcie na biegunach lampki.

Napięcie w sieci, zasilającej lampki żarowe, nie powinno się wahać więcej jak na 2%— w najgorszym razie do 3,5%, ponieważ zmiany napięcia wpływają bardzo znacznie na siłę światła lampy.

Ilość lamp, jaką należy zastosować przy wykonaniu oświetlenia wewnątrz budynków, można określić według następujących danych [1]), wskazujących ile świec z ogólnej siły światła wszystkich lamp powinno przypadać 1 m^2 powierzchni podłogi.

W domach mieszkalnych:

w salonach.	4 —5	świec na 1 m^2
„ pokojach stołowych	3 —3,5	„ „
„ „ sypialnych	1,5—2	„ „
„ „ podrzędnych	1 —2	„ „

W biurach:

w biurze głównem . .	5 —6	„ „
„ biurach dodatkowych	2 —2,5	„ „

„ „ wewnętrznych 1,5 i więcej w zależności od liczby urzędników.

Oprócz zwykłych lampek żarowych, są jeszcze lampki Nernsta, w których świeci rozżarzony tlenek magnezu, przez co światło jest znacznie bielsze niż w lampach zwykłych. Takie lampki wyrabia „Algemeine Elektricitats Geselschaft“ w Berlinie dla napięć prądu od 96 do 250 wolt, na siłę światła od 13,5 do 40 (model *B*), od 59 do 168 (model *A*).

---

[1]) Szapiro. Oświetlenie elektryczne, str. 294.

Część żarząca się tych lampek psuje się zwykle po 400 godzinach palenia, ale się daje zastąpić przez nową. Lampki Nernsta zużywają od 1,48 do 1,85 wata na jedną swiecę siły światła. Przy włączaniu w obwód należy zwracać uwagę na właściwe bieguny [1]).

Lampy żarowe służą bez żadnej zmiany dla prądu stałego i dla prądu zmiennego o tem samem czynnem napięciu i w obu wypadkach zużywają jednakową ilość energii na jednostkę siły światła.

Lampy Nernsta dla prądu zmiennego są trochę inaczej przyrządzone i dla tego chcąc mieć lampę odpowiednią, mało jest podać napięcie i siłę światła, należy omówić czy ma być zasilana prądem stałym, czy też prądem zmiennym.

Lampy łukowe składają się: z dwóch węgli w zaciskach, mechanizmu regulującego odległość pomiędzy niemi i latarni lub klosza ochronnego.

Promienie świetlne wysyłają głównie końcówki węgli, o ile przez specyalne domieszki do ich składu nie nadano świecącej postaci samemu łukowi pomiędzy węglami.

Siła światła tych lamp zależy od siły prądu; napięcie, którego one wymagają, waha się w wązkich granicach od 30 do 50 wolt, wyjątkowo do 80 wolt przy prądzie stałym i od 20 do 35 wolt przy prądzie zmiennym.

---

[1]) Co do określenia biegunów to patrz dalej przy lampach łukowych.

Siła prądu lamp, najczęściej używanych, waha się od 3 *A* do 20 *A* przy prądzie stałym i od 4 do 25 *A* przy prądzie zmiennym.

Zwykle lampy łukowe łączą się w szereg w rozmaitej ilości, zależnie od napięcia prądu w sieci.

przy 110 *V*	stałego prądu	po 2	w szereg	
„ 220 *V*	„ „	„ 4	„	i t. d.
„ 110 *V*	zmiennego prądu	„ 3	„	
„ 220 *V*	„ „	„ 6	„	i t. d.

W takich warunkach można używać lamp tylko z regulatorami różnicowymi (diferential) lub bocznikowemi (nebenschluss). Pierwsze są droższe, ale lepsze.

Wyjątkowo używają się czasem lampy z hermetycznie (mniej więcej) zamkniętym łukiem (tak zwane dauerbrandlampen), które wprowadzają się pojedynczo w obwód przy 110 wolt. napięcia w sieci.

Są także lampy z wyjątkowo nizkiem napięciem na biegunach, łączą się one w sieci o napięciu 110 *v* po trzy w szereg, przy 220 *v* po 6 i t. d.

Węgle do zwykłych lamp łukowych prądu stałego są dwojakie, górne grubsze z knotem, dolne cieńsze bez knota; długość jest ich rozmaita, stosownie do przeciągu czasu, jaki ma się lampa palić bez zmiany węgli. Węgle spalają się w czasie od 5 do 23 godzin w zwykłych lampach i do 200 godzin w lampach z hermetycznie zamkniętym łukiem.

W lampach prądu zmiennego oba węgle są jednakowej grubości z knotami. W lam-

pach z łukiem hermetycznie zamkniętym, węgle są jednakowej średnicy bez knotów, ale górny znacznie dłuższy.

Prąd stały.

Siła prądu w amperach	Średnica w *mm* węgla górnego (dodatniego)	Średnica w *mm* węgla dolnego (ujemnego)	Długość węgli w *mm*	Ilość godzin palenia się
3	11,5	7	110	6—7
4	13	8	110	6—7
5	15	9	180	12
6	15	9	235	15
8	18	11	235	15
10	20	12	235	16
12	20	13	235	15
16	24	16	235	17

Prąd zmienny.

Siła prądu w amperach	Średnica węgla górnego i dolnego w *mm*	Długość węgli w *mm*	Ilość godzin palenia się
6	9	200	8
8	10	200 albo 280	8 albo 12
10	11	„ „	„ „
12	12	„ „	„ „
14	14 albo 16	280 albo 360	12 albo 16
16	„ „	„ „	„ „
18	„ „	„ „	„ „
20	18	360	16
25	„	„	„

Przy łączeniu lamp w obwód, należy bezwarunkowo włączać opornik, za pomocą którego doprowadza się do wielkości wskazanej przez fabrykę siłę prądu i napięcie na biegunach lampy. Zarazem należy zwracać uwagę na to, aby górny węgiel był połączony z biegunem dodatnim.

Określić bieguny sieci najłatwiej za pomocą papierka lakmusowego. Papierek zwilża się śliną i przykłada się do niego na odległości 1 *cm* dwa bieguny sieci; pod wpływem prądu pod dodatnim biegunem papierek czerwienieje, pod ujemnym błękitnieje.

Przy łączeniu w szereg lamp łukowych więcej niż trzech, należy stosować opory zastępujące każdą lampę w razie jej zgaśnięcia z jakiegokolwiek powodu, lub też włączać w obwód automatyczny wyłącznik, przerywający obwód w chwili, gdy prąd znacznie osłabnie z powodu wypalania się węgli w jednej z lamp.

Sprawność prądu, zużywanego przez grupę lamp, należących do jednego obwodu, oblicza się według wzoru:

$$W = e \, . \, i.$$

W—sprawność w watach, i—prąd, który biorą lampy w amperach, e—napięcie w sieci w woltach.

Przy obliczaniu ilości lamp łukowych prądu stałego, niezbędnych dla oświetlenia pewnej powierzchni, może służyć następują-

ca tablica: [1]). Jedna lampa oświetla metrów kwadratowych:

Siła prądu w lampie	4 amp	8 amp.	10 amp.	12 amp.
Podwórza fabrycznego	500	1100	1500	2000
Dworca kolejowego . .	—	500	650	850
Hal targowych	—	300	400	530
Hal fabrycznych (odlewnie, warsztaty mechaniczne)	100	240	320	—
Sal fabrycznych (tkalnie. drukarnie). . . .	70	170	—	—
Sklepów, restauracyi .	40	95	130	—

Lampa łukowa prądu zmiennego przy tej samej sile prądu, co lampa łukowa prądu stałego, wystarcza dla oświetlenia w jednakowym stopniu powierzchni, mniej więcej dwa razy mniejszej, niż lampa prądu stałego.

Przyrządy do ogrzewania.

Prąd elektryczny, przechodząc po przewodniku, zamienia własną energię na ciepło. Przepuszczając go przez przewodniki takie, z których ciepło łatwo promieniuje, można to ciepło zużywać do ogrzewania.

Na tej zasadzie jest oparty cały szereg przyrządów kuchennych, zaczynając od samogrzejącego imbryczka do kawy i kończąc na patelniach; pozatem robią się też piecyki do ogrzewania powietrza w pokojach i t. d.

Takie przyrządy mogą być zasilane dowolnie prądem stałym lub zmiennnym. Przy prądach zmiennych stosuje się i inny sposób,

[1]) Szapiro: Oświetlenie elektryczne str. 296.

mianowicie prąd przepuszcza się przez zwój drutów miedzianych, izolowanych, nawiniętych na rdzeniu żelaznym; w masie żelaznej pod wpływem zmiennego pola magnetycznego powstają prądy elektryczne, które ogrzewają żelazo. Otrzymane w ten sposób ciepło łatwo skierować na przedmiot, któremu go chcemy udzielić; przez to jest możność osiągnięcia w tych przyrządach znacznego spółczynnika wydajności.

Budowę przyrządu do ogrzewania określają trzy czynniki: 1) napięcie prądu, 2) sprawność pochłaniana przez przyrząd i 3) cel, do którego on ma służyć.

Przy użyciu tych przyrządów należy zwracać uwagę przedewszystkiem na zastosowanie odpowiedniego napięcia prądu elektrycznego, które jest zwykle wskazane na przyrządzie i na to, by nie puszczać prądu do naczyń służących dla ogrzewania cieczy, zanim takowa nie jest nalaną.

Dla otrzymania bardzo wysokiej temperatury za pomocą prądu elektrycznego stosuje się zjawisko łuku wolty.

Elektroliza.

Pod wpływem prądu elektrycznego znaczna ilość ciał złożonych podlega rozkładowi; jeżeli te ciała są w stanie ciekłym (przy odpowiedniej temperaturze) lub w rozczynie wodnym. Na biegunie ujemnym wydzielają się metale lub alkalie, na dodatnim — kwasy.

Elektroliza stosuje się przy pokrywaniu rozmaitych przedmiotów metalami (galwanostegia) [1]), przy robieniu całych metalowych przedmiotów przez gruby osad metalu (galwanoplastyka). Następnie, za pomocą elektrolizy oczyszcza się metale od domieszek; szczególnie szeroko jest stosowane otrzymywanie bardzo czystej miedzi (rafinerya miedzi). Wreszcie elektrolitycznie otrzymują się alkalia i połączenia chloru, służące do bielenia.

Przy elektrolizie, najważniejszymi warunkami do otrzymania dobrych wyników są: 1) odpowiedni skład wanny elektrolitycznej, t. j. rozczynu, poddanego elektrolizie, 2) odpowiednie napięcie prądu i 3) gęstość prądu na biegunie, t. j. ilość amperów, przypadająca na jednostkę powierzchni bieguna, pogrążonego w rozczynie.

Prądy, które stosują się przy elektrolizie, są rozmaitej siły, stosownie do wielkości wanny i mają słabe napięcie kilku woltów.

Przewodniki elektryczne.

Prąd od źródeł energii elektrycznej doprowadza się do przyrządów odbiorczych za pomocą przewodników. Przy przejściu prądu przez przewodnik traci się zawsze pewna ilość energii elektrycznej i napięcia prądu

[1]) Patrz J. Modelski. Podręcznik do powlekania metalami za pomocą elektryczności i do robienia odbitek.

Oznaczmy: siłę prądu przez i w amperach, opór elektryczny przewodnika przez r w omach, stratę sprawności prądu przez w w watach, stratę napięcia przez e w woltach, to mamy dwa następujące wzory, wyrażające w i e:

$$w = i^2 \cdot r$$
$$e = i \cdot r$$

r — opór przewodnika zależy od długości przewodnika, jego grubości, materyału, z którego jest zrobiony i temperatury.

Następujący wzór przedstawia zależność oporu od powyższych czynników:

$$r_t = \frac{l}{q \cdot K_t}, \quad \text{a} \quad K_t = \frac{K_0}{(1 + at)}$$

r_t — opór przewodnika przy temperaturze t, l — długość przewodnika, q — przekrój, K_t — przewodnictwo właściwe przy temperaturze t, a — spółczynnik cieplny, t — temperatura przewodnika.

Zwykle używają się przewodniki miedziane; dla miedzi: $K_0 = 60$; $a =$ około 0,004.

Przy zwykłej temperaturze około 15° można uważać $K = 57$ i dla tej temperatury wzór będzie następujący:

$$r = \frac{l}{q \cdot 57}.$$

l — wyraża się w metrach, q — w milimetrach kwadratowych, r — w omach.

Dla drutu żelaznego $K_{15} = \sim 7{,}58$; $a = 0{,}0048$
„ glinu . . . $K_{15} = 34{,}9$; $a = 0{,}00388$
„ mosiądzu . . $K_{15} = 14{,}3$; $a = 0{,}00165$

W urządzeniach przenoszenia energii elektrycznej należy używać przewodników możliwie krótszych, z możliwie lepszem przewodnictwem właściwem (miedziane) i o przekroju przystosowanym do siły prądu.

Ponieważ energia elektryczna, którą tracimy w przewodnikach, zamienia się w ciepło, więc należy przekrój zastosować tak do siły prądu, przechodzącego przez przewodnik, by nie ogrzewał się więcej jak o 10^0 po nad temperaturę otaczającego powietrza; w tym celu należy zawsze posługiwać się następującą tablicą (można oczywiście stosować przekroje większe, niż te, które są wskazane w tablicy).

Przekrój w mm^2	Siła prądu w amper.	Przekrój w mm^2	Siła prądu w amper.
0,75	4	95	165
1	6	120	200
1,5	10	150	235
2,5	15	185	275
4	20	240	330
6	30	310	400
10	40	400	500
16	60	500	600
25	80	625	700
35	90	800	850
50	100	1000	1000
70	130		

W przekrojach ponad 1000 mm^2 powinien przypadać 1 amper prądu na 1 mm^2 przekroju.

Powyższa tablica wskazuje zarazem przekroje drutów, powszechnie używanych.

Przy przenoszeniu energii elektrycznej do motorów na znaczne odległości i przy oświetleniu lampkami żarowemi zawsze należy zważać na spadek napięcia w przewodnikach. Przy motorach dopuszcza się spadek napięcia do 10%, przy lampach żarowych do 3,5%. Zmniejszenie spadku napięcia zwykle osiąga się przez użycie grubszego przewodnika lub takiego samego, ale z innego materyału o lepszem przewodnictwie.

Ze względu na wytrzymałość mechaniczną wewnątrz budynków, nie stosuje się cieńszych przewodników jak 1 mm^2 (tylko w podstawach lamp, w kinkietach i żyrandolach można używać druty 0,75 mm^2), zewnątrz budynków najcieńsze stosowane przewodniki są o 6 mm^2 przekroju przy napięciu do 250 V i 10 mm^2 przy napięciach wyższych.

Wewnątrz budynków, w miejscach zupełnie suchych, stosują się przewodniki z izolacyą nie kruchą z włóknistego materyału, nasyconego odpowiednią masą izolacyjną; umocowuje się te druty na rolkach, pierścieniach lub zaciskach porcelanowych. O ile pod wyżej wspomnianą izolacyą znajduje się taśma gumowa, to druty takie mogą być przeciągane i w rurkach izolacyjnych (Bergmana, kauczukowych i stalowopancernych).

W miejscach wilgotnych należy używać przewodników izolowanych warstwą gumy bez szwu. O ile przewodniki mogą być narażone na działanie gazów żrących, to najlepiej je przeprowadzać gołe na izolatorach i następnie malować farbą odporną na działanie powyższych gazów.

Przewodniki, umocowane na rolkach porcelanowych na ścianie, powinny posiadać umocowania co najmniej w odległości 80 cm. (na suficie umocowania mogą być przystosowane do budowy sufitu). Wzajemna odległość równoległych przewodników nie powinna być mniejszą od 10 cm; od ściany zaś 5 mm w miejscach suchych, 10 mm w wilgotnych.

Pod ziemią i bezpośrednio na ścianach można przeprowadzać przewodniki tylko w postaci kabli z pancerzem ołowianym (uważając, by ołów nie stykał się z wapnem).

O ile kabel może być narażony na uszkodzenia ostremi narzędziami, to należy stosować kabel opancerzony taśmą żelazną [1]).

Zewnątrz budynków stosują się tylko albo kable podziemne albo gołe przewodniki powietrzne, umocowane na izolatorach porcelanowych.

---

[1]) Patrz Przepisy bezpieczeństwa dla instalacyj elektrycznych o prądzie silnym, K. Gnoiński i W. Hertz.

Odległość przewodników równoległych między sobą:	Przy rozpiętości:
30 *cm*	po nad 6 *m*
20 „	od 4 *m* do 6 *m*
15 „	mniejszej od 4 *m*

Odległość przewodników od ścian powinna być co najmniej 10 *cm*.

Wogóle należy zwracać uwagę przy przeprowadzaniu przewodników na dobrą izolacyę, dobre połączenia zapomocą zlutowania lub zacisków śrubowych, zabezpieczenie od uszkodzenia i od dotknięcia przez osoby nieczynne przy obsłudze instalacyi, a nawet możliwie i przez obsługujących.

Przyrządy pomocnicze.

Bezpieczniki.

Paski lub kawałki drutu łatwo topliwego, które włączamy w obwód dla zabezpieczenia przewodników od takiej siły prądu, przy której mogła być uszkodzona izolacya, nazywamy bezpiecznikami albo ochronnikami. Wymiary tych drutów i pasków dobierają się w ten sposób, aby się one topiły przy sile prądu podwójnej względem tego prądu, który normalnie przez nie przechodzi. Bezpieczniki umieszczają się wszędzie, gdzie od drutu grubszego odgałęzia się cieńszy, o ile już na tym grubszym przewodniku nie znajduje się bezpiecznik, odpowiadający drutowi cieńszemu. Oprócz tego dy-

namomaszyny, baterye akumulatorów i—motory, zabezpieczają się także topliwymi paskami.

Piorunochrony lub odgromniki.

Dla zabezpieczenia instalacyj elektrycznych od wyładowań elektryczności atmosferycznej, umieszczane są na początku i przy końcu przewodników powietrznych (zewnętrznych), na każdym drucie oddzielnie, piorunochrony. Jeżeli linia przewodników zewnętrznych jest długa, to piorunochrony ustawiane są także wzdłuż linii co 300 *m.* Każdy piorunochron składa się z dwóch części metalowych, z których jedna łączy się z ziemią, druga z przewodnikiem; rozmaite konstrukcye różnią się tylko sposobami gaszenia łuku, który powstaje w chwili przejścia prądu do ziemi.

Wyłączniki i przełączniki.

Dla szybkiego utworzenia, przerwania lub zmiany połączenia elektrycznego służą przełączniki i wyłączniki. Robione są te przyrządy przedewszystkiem na określoną siłę prądu, przy której kontakty (miejsce zetknięcia się dwóch ruchomych części, kędy prąd przechodzi) nie rozgrzewają się ponad pewną normę (przy normalnym prądzie powinny być letnie); oprócz tego wyłączniki dla wszystkich napięć do 250 wolt mają jedną odległość pomiędzy kontaktami, dla napięć od 250 do 500 wolt odległość robi się większą, dla napięć

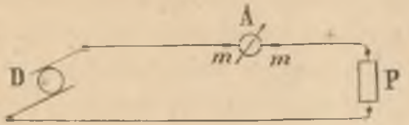
po nad 500 wolt wyłączniki i przełączniki mają specyalną konstrukcyę, zabezpieczającą prawidłowe ich działanie i ochraniającą obsługujących od zetknięcia się z częściami, znajdującemi się pod prądem. Wogóle jednak należy te wyłączniki, które obsługują osoby mało oswojone z instalacyą elektryczną, tak ochraniać odpowiedniemi przykrywkami, aby nie można było dotknąć części znajdujących się pod prądem. Dla prawidłowego działania wyłączników jest niezbędną czystość miejsc kontaktowych i dobry stan połączeń śrubowych.

Przyrządy miernicze.

Amperometry służą do mierzenia siły prądu, woltmetry do mierzenia napięcia, watmetry do mierzenia sprawności, liczniki, czyli mierniki, do mierzenia energii prądu elektrycznego. Wszystkie te przyrządy powinny być przystosowane do *rodzaju*, *siły* i *napięcia* prądu. Zastosowanie nieodpowiednich przyrządów prowadzi do tego, że przyrząd zupełnie nie wskazuje, wskazuje mylnie lub psuje się (wewnętrzne przewodniki stapiają się, izolacya spala się). Przyrządy miernicze wogóle należy zabezpieczać od wstrząśnień, kurzu, wysokiej temperatury i możliwie, blizkiego sąsiedztwa przewodników, prowadzących silne prądy elektryczne.

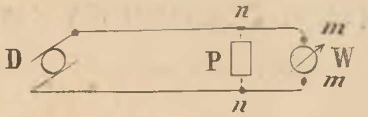
Włączanie przyrządów w obwód odbywa się według następujących schematów.

Włączanie amperometru:



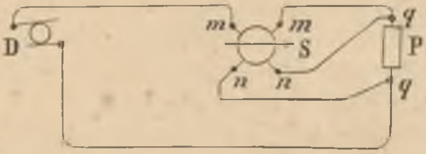
D — źródło prądu, *P* — odbieracz prądu (lampa, motor), *A* — amperometr, *mm* jego zaciski.

Włączenie woltmetru:



D i *P* — jak poprzednio, *W* — woltmetr, *mm* jego zaciski, *nn* punkty obwodu, między którymi mierzymy napięcie.

Włączenie licznika lub watmetru, przy mierzeniu energii lub sprawności pochłanianej przez odbieracz.



D i *P* — jak poprzednio, *S* — licznik lub watmetr, *mm* zaciski przyrządu, przez które przepływa prąd główny (silny), *nn* zaciski przyrządu, przez które przepływa prąd odgałęziony (słaby), *qq* końcówki odbieracza.

NIESZCZĘŚLIWE WYPADKI

z

PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

Dwa rodzaje wypadków z prądem elektrycznym daje się wyróżnić:

1) Oparzenie części organizmu przez łuk, tworzący się przy przerywaniu silnego prądu, lub też przez metal stopiony. (Przy przepalaniu się dużych bezpieczników i w razie przypadkowego zetknięcia się części metalowych o znacznem napięciu elektrycznem i małym oporze, powstającego obwodu zamkniętego, tworzy się pewna ilość metalu stopionego, który zwykle rozpryskuje się).

2) Przejście prądu elektrycznego przez ciało ludzkie: od rąk do nóg, przy dotknięciu jednego bieguna sieci, lub też od ręki jednej do drugiej przy dotknięciu dwóch przewodników, między którymi jest napięcie elektryczne.

Działanie prądu zależy od siły tego prądu, rodzaju prądu, długości czasu, w ciągu którego prąd działa i *indywidualnych właściwości organizmu.*

Doświadczalnie stwierdzono, że przeciętnie 0,02 ampera prądu zmiennego i dwa razy większa siła prądu stałego są niedowytrzymania, chociaż ręce można odjąć i poza przykrem uczuciem, przejściowym bólem i częściowym paraliżem nerwów w czasie przechodzenia prądu — poważniejszych skutków niema.

Prądy silniejsze wywołują zupełny paraliż nerwów, przez co rąk odjąć nie można, a więc jest możliwa śmierć organizmu przy dłuższem działaniu prądu (od jednej sekundy do kilku minut).

Wobec tego przedewszystkiem należy oderwać porażonego od przewodników, uchwyciwszy go przez suchą odzież, lub też sprawić krótkie połączenie biegunów sieci drutem, lub wogóle kawałkiem metalu izolowanym np. drzewem od ręki ratującego; połączenie takie sprawia przepalenie się najbliższych bezpieczników.

Siła prądu powstającego w organizmie ludzkim przy zetknięciu się z siecią zależy od wysokości napięcia w sieci i oporu jaki przedstawia ciało ludzkie, a o ile dotykamy tylko jednego bieguna sieci, to także od oporu izolacyi naszego ciała i drugiego bieguna od ziemi (w tym razie prąd przechodzi od

jednego bieguna przez nasze ciało i ziemię do drugiego).

Opór ciała ludzkiego zależy w znacznym stopniu od stanu wilgotności rąk, nóg, rodzaju obuwia, wielkości powierzchni zetknięcia się ciała z przewodnikiem i siły, z którą przewodnik ściskamy, a pozatem od indywidualnych własności organizmów.

Liczne pomiary wykazały najmniejszy opór, między ręką a ziemią w najbardziej niekorzystnych warunkach 900 omów (w cukrowni).

Wobec tego wszystkie napięcia prądu stałego i zmiennego, używane w instalacyach elektrycznych, mogą w odpowiednich warunkach przyprawić o śmierć organizm ludzki.

Szczególnie niebezpiecznem jest dotykanie się do przewodników w zakładach, gdzie jest dużo wilgoci i gdzie ludzie mają do czynienia z kwasami, akaliami lub solami i t. p. (np. w cukrowniach, gorzelniach i rozmaitych fabrykach przetworów chemicznych), ciało pracujących w tych zakładach ma wyjątkowo mały opór i izolacya przewodników od ziemi bywa nieraz uszkodzona i niewystarczająca.

Przy porażeniu śmiertelnem prądem elektrycznym należy wyróżnić dwa rodzaje:

Pierwszy, kiedy porażenie jest tak silne, że tkanki ciała zostają uszkodzone; w takim razie ratunek jest niemożliwy.

Drugi, znacznie częstszy, kiedy porażenie przejawia się przedewszystkiem w paraliżu

nerwu oddechowego i śmierć bywa następstwem uduszenia. W takim razie sztuczne oddychanie jest najskuteczniejszą pomocą.

DORAŹNA POMOC.

Oparzenia.

1) Jeżeli jest tylko samo zaczerwienienie i ból, ochładzamy miejsca oparzone zimną wodą wodociągową lub lodem, robimy opatrunek watą, posmarowaną maścią przeciw oparzeniu i obwijamy opaską.

2) W razie zbąblenia, bąbli nie należy rozrywać, tylko igłą przedtem wyżarzoną przekłuć, aby płyn zebrany wyciekł. Po wypłynięciu cieczy przykłada się płatek gazy jodoformowej we czworo złożony, opatrując to miejsce watą i opaską.

3) Przed rozcinaniem gazy, należy ręce starannie wymyć najpierw w wodzie, a potem w roztworze sublimatu (w stosunku 1 : 1000), lub karbolu.

4) W razie zwęglenia i zestrupienia przykłada się na miejscach oparzonych płatek gazy jodoformowej, we czworo złożonej, a na to watę i opaskę.

Utrata przytomności.

1) Przedewszystkiem należy natychmiast wezwać lekarza.

2) Wszystkie części ubrania, krępujące osobę uległą wypadkowi, należy poodpinać lub rozwiązać (kołnierzyk, spodnie).

3) Położyć poszkodowanego na plecach i starać się stwierdzić, czy jeszcze choć słabo oddycha. Głowę trzeba ułożyć cokolwiek wyżej i robić okłady z zimnej wody lub lodu na czole. Później zaleca się zastrzyknąć



Rys. 1. Wdychanie.

olejek kamforowy (pełną szpryckę) podskórnie. Zastrzyknięcie to należy po 10 minutach powtórzyć, jeżeli lekarz nie zdążył przybyć.

4) O ile oddech nie da się zauważyć, układa się poszkodowanego na plecach, robi się poduszkę z odzieży, np. ze zwiniętego w wałek płaszcza i podkłada się pod grzbiet. Poduszka powinna być tak wielką, aby krzyż poszkodowanego mógł się na niej wesprzeć, a głowa zwieszała się na dół.

Uklęknąwszy następnie u głowy, tak, aby porażonemu można w twarz patrzeć, chwyta się za obie ręce poniżej łokcia, ciągnąc je do siebie tak, że się prawie schodzą nad jego głową (rys. 1).

W tej pozycyi należy ręce przez czas od 2-ch do 3-ch sekund mocno ciągnąć, poczem puszcza się ręce napowrót, i przyciska się łokcie poszkodowanego ciężarem swego ciała do boków jego (rys. 2). Po upływie 2-ch do 3-ch sekund wyciąga się ręce napowrót ponad głową porażonego. Wyciąganie rąk i przyciskanie łokci, powtarza się o ile mo-



Rys. 2. Wydychanie.

żna regularnie i bez pośpiechu około 15 razy na minutę.

Jeżeli jest dwóch ludzi do ratunku, to drugi, w chwili gdy pierwszy podniósł ręce ponad głowę porażonego, wyciąga mocno język jego, pochwycony przez chustkę, puszczając go, skoro pierwszy zwraca ręce na piersi. Środek ten w znacznym stopniu dopomaga do oddychania.

Jeżeli usta nie roztwierają się łatwo, to należy je roztworzyć gwałtem kawałkiem drewna lub czemś podobnem.

Jeżeli do ratowania jest więcej osób, to próby te rękami wykonywa dwóch lu-

dzi, każdy z jedną ręką, czyniąc jednak te ruchy na komendę 1, 2, 3, 4 (rys. 3).

Opisane powyżej sztuczne oddychanie należy tak długo powtarzać, dopóki porażony nie zacznie normalnie oddychać. Jeżeli leka-



Rys. 3.

rza nie można się doczekać, a naturalnego oddychania także niema, należy stosować oddychanie sztuczne przynajmniej przez dwie godziny, nim się zaniecha próby dalszego ratowania.

5) Wlewanie do ust jakichkolwiek płynów jest surowo zakazane.

SPIS RZECZY.